

SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA

Lean Manufacturing System



ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO II



Historico / Conceito



"Lean" : década de 80 – James Womack (MIT)

Projeto de pesquisa: fabricantes de motores automotivos;

"Lean Production" é um programa corporativo composto por um conjunto de técnicas e ferramentas que visa melhorar o desempenho de uma organização para aumentar sua competitividade e torná-la "world class manufacturing".



Evolução do Conceito

• "Lean Production" (Produção Enxuta) para "Lean Thinking" (Organização Enxuta);

LEAN THINKING

- Processos Produtivos para Processos Administrativos;
- Fabricantes de bens e produtos para prestadores de serviços;
- Ampliação da abrangência dos programas e das ferramentas.



PENSAMENTOS de JAMES & DANIEL



O Pensamento Enxuto

James Womack & Daniel Jones (1996):

"Ao aprender a identificar desperdícios você descobrirá que há muito mais desperdícios ao seu redor do que você jamais imaginou..."

Felizmente, existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento enxuto. O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, eliminar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de maneira cada vez mais eficaz.

Em suma... é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos... e, ao mesmo tempo, tornar-se cada vez mais capaz de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam."

OBJETIVOS

- Apresentar e analisar os desperdícios da produção;
- Analisar os principais indicadores de produtividade no chão de fábrica;
- Apresentar os princípios e objetivos da Manufatura Enxuta;
- Apresentar e discutir as ferramentas para combater os desperdícios da produção.
- Analisar as vantagens e limitações do sistema.

DESPERDÍCIO

Qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, e acúmulo de itens nos estoques, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Womack, James P. e Jones, Daniel T. - "A Mentalidade Enxuta nas Empresas", 1998.

VALOR AGREGADO

O valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente e, portanto, é o índice final do valor econômico. Quanto maior é o valor real de um item sobre outro que sirva para a mesma finalidade, maior será a probabilidade de vencer a concorrência.

Czillag, João Mário - "Análise de Valor", 1995

Valor de Uso e valor de Estima

Valor de uso

É o mínimo de dinheiro necessário para dotar o produto da função de uso. A função de uso é aquela que permite fornecer ao cliente/consumidor o desempenho que ele espera de um produto ou serviço.

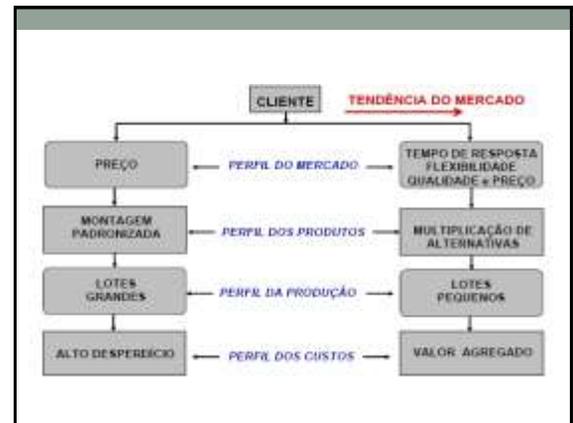
Valor de estima

É o mínimo de dinheiro necessário para dotar o produto da função de estima. A função de estima (beleza, estética, aparência, "status", etc.) está ligada ao desejo de possuir o produto ou serviço.

Portanto,

Focalizando o processo produtivo de uma empresa manufatureira, que o que agrega valor ao produto é a operação produtiva que é realizada para cumprir os requisitos do cliente ou consumidor final.

É estratégico que a alta gerência de uma empresa vise fornecer produtos ou serviços valorizados a partir do ponto de vista do cliente ou consumidor e não a partir da visão interna da organização. O mercado está cada vez menos disposto a adquirir produtos que não tenham os valores segundo as suas necessidades e expectativas.



TEMPO DOS OPERADORES NA FÁBRICA

Agregação de valor ao produto



DESPERDÍCIO

- ◆ Esperar por materiais;
- ◆ Observar máquinas operando;
- ◆ Produzir defeitos;
- ◆ Procurar ferramentas;
- ◆ Consertar máquinas;
- ◆ Produzir itens desnecessários.

TEMPO DOS MATERIAIS NA FÁBRICA

Agregação de valor ao produto



DESPERDÍCIO

- ◆ Transporte;
- ◆ Armazenagem;
- ◆ Inspeção;
- ◆ Retrabalho.

TEMPO DAS MÁQUINAS NA FÁBRICA

Agregação de valor ao produto



DESPERDÍCIO

- ◆ Setup;
- ◆ Quebra da máquina;
- ◆ Manutenção corretiva;
- ◆ Produção de itens defeituosos;
- ◆ Produção de itens desnecessários.

Sistema de Produção Toyota (SPT)

- ◆ Desenvolvido pela Toyota Motor Co. a partir do período pós-guerra por iniciativa de Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno entre outros
- ◆ Contexto de mercado:
 - Aumento da variedade (mix)
 - Redução dos ciclos de vida
 - Aclaramento da concorrência
- ◆ Evolução em relação ao sistema de produção em massa (Sistema Ford de Produção)
- ◆ Característica fundamental: Sistema de produção que opera baseado nos conceitos e técnicas do *Just-in-time* (JIT)

OS DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO

- 1 Desperdício de Superprodução;
- 2 Desperdício de Espera;
- 3 Desperdício de Transporte;
- 4 Desperdício de Processamento;
- 5 Desperdício de Movimento;
- 6 Desperdício de Produzir Produtos Defeituosos;
- 7 Desperdícios de Estoques.

1 - DESPERDÍCIO DE SUPERPRODUÇÃO

É o desperdício de se produzir antecipadamente à demanda, para o caso de os produtos serem requisitados no futuro.

2 - DESPERDÍCIO DE ESPERA

É o material que está esperando para ser processado, formando filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos.

3 - DESPERDÍCIO DE TRANSPORTE

O transporte e a movimentação de materiais são atividades que não agregam valor ao produto e são necessários devido às restrições do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material ao longo do processamento.

4 - DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO

Desperdício inerente a um processo não otimizado, ou seja, a existência de etapas ou funções do processo que não agregam valor ao produto.

5 - DESPERDÍCIO DE MOVIMENTO

Desperdícios presentes nas mais variadas operações do processo produtivo. Esse desperdício acontece na interação entre o operador, a máquina e o material que está sendo processado.

6 - DESPERDÍCIO DE PRODUIR ITENS DEFEITUOSOS

Desperdícios gerados pelos problemas de qualidade. Produtos defeituosos significa desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos.

7 - DESPERDÍCIO DE ESTOQUES

No sistema de produção tradicional os estoques tem sido utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo frente aos problemas de produção.

- **Problemas de Qualidade:** estoque gera independência entre os estágios do processo produtivo.
- **Problemas de Quebra de Máquina:** estoque permite fluxo contínuo de produção, mesmo com quebra de máquina.
- **Problemas de Preparação de Máquina (setup):** lotes grandes compensam custos de preparação das máquinas.

INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO

Lead Time de Produção

É o tempo decorrido entre a entrega da matéria-prima ao setor de fabricação e a saída do produto acabado na linha de montagem/teste final, pronto para ser embalado e entregue ao cliente.

Índice de Nivelamento

É a relação (expressa em percentual) entre a quantidade de itens no processo produtivo que formam produtos completos, conforme as necessidades do cliente, e a quantidade total de itens no processo produtivo.

Nível de Defeitos

É a relação (expressa em percentual ou em partes por milhão - ppm) entre os itens não conformes e o total de itens gerados pelo processo produtivo.

MANUFATURA ENXUTA

Um sistema de administração da produção que promove um combate total aos desperdícios.

PENSAMENTO ENXUTO: "

"É uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz".

Womack e Jones - "A mentalidade Enxuta nas Empresas" - 1998

OS PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO ENXUTO

1. Especificar Valor
2. Identificar o Fluxo de Valor
3. Garantir o Fluxo
4. Trabalhar com Produção Puxada
5. Buscar a Perfeição

1 - Especificar Valor

O valor deve ser especificado para cada produto, deve atender às necessidades dos clientes a um preço específico, em um momento específico.

- Visão sistêmica com foco no cliente
- O custo-alvo na definição de valor – eliminar desperdício

2 - Identificar o Fluxo de Valor

O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas:

Solução de problemas: vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e engenharia de processo;

Gerenciamento da Informação: Vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um cronograma detalhado;

Transformação Física: Vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

Womack e Jones - "A mentalidade Enxuta nas Empresas" - 1998

FLUXO DE PROJETO: da concepção até o lançamento no mercado

FLUXO DA PRODUÇÃO: da matéria-prima até o cliente



- Olhar o todo para otimizar
- O Gerente do Fluxo de Valor

3 - Garantir o Fluxo

- Fluxo contínuo de valor para os clientes
- Fluxo contínuo para cada produto
- Calcular o tempo takt para cada produto

“Uma vez que para um determinado produto o valor tenha sido especificado com precisão, o fluxo de valor mapeado, as etapas que não agregam valor eliminadas, é fundamental que o valor em processo flua, suave continuamente, dentro das três tarefas gerenciais críticas: solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física”.

Womack e Jones - "A mentalidade Enxuta nas Empresas" - 1998

4 - Trabalhar com Produção Puxada

Produção puxada significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o processo posterior (o cliente) o solicite.

“Não fabrique produto algum a não ser que seja necessário, então fabrique o produto rapidamente”

Womack e Jones - "A mentalidade Enxuta nas Empresas" - 1998

Fluxo e Produção Puxada

- Ganhos de produtividade
- Cuidado com o enxugamento rápido!

5 - Buscar a Perfeição

- Transparência de ações;
- Kaikaku: melhoria radical;
- Kaizen: As equipes de produto, em diálogo direto com o cliente, devem procurar formas de melhorar continuamente o fluxo de valor.



Objetivos operacionais

Por meio do JIT **deseja-se chegar a um sistema balanceado, mantendo um fluxo suave e veloz de materiais** através do sistema de manufatura.

Os **objetivos operacionais fundamentais são a qualidade e a flexibilidade**, alcançados por meio da melhoria contínua e redução do desperdício.

- **Eliminar paralizações** (geradas por quebras de equipamentos, atrasos no fornecimento, mudanças na programação, problemas de qualidade)
- **Tornar o sistema flexível** (ser capaz de operar com um *mix* diário de produtos de forma a lidar com um certo grau de incerteza mantendo um fluxo suave de materiais).

Objetivos operacionais

- **Diminuir os tempos de setup e os lead times** (estes tempos prolongam o processo sem adicionar qualquer valor ao produto final além de reduzir a flexibilidade do sistema)
- **Minimizar o estoque** (estoques são recursos ociosos no JIT, ocupam espaço, elevam o custo do sistema e escondem os problemas da produção).
- **Eliminar o desperdício** (ex. de desperdício: produção excessiva, tempos de espera, transporte desnecessário, estoque, processamento desnecessário, método de trabalho ineficiente, produtos defeituosos)

Projeto de produto

- **Peças padronizadas:** resulta em um menor número de componentes, processamentos mais padronizados com conseqüente redução nos tempos e custos.
- **Projetos modulares:** simplificam o processamento, a compra, o manuseio dos materiais, o treinamento, e as estruturas dos produtos.
- **Qualidade:** a qualidade deve ser assegurada ao produto final nas diversas etapas. (no JIT uma paralisação local pode causar uma paralisação no processo inteiro, devido aos níveis reduzidos dos estoques).

Projeto de produto

Padronização dos dispositivos de fixação

Redução do número de parafusos utilizados

Aruelas em U também requerem menos voltas para soltar e apertar

Projeto de produto

Furos em forma de pera (furos Dohrma) requerem menos voltas para soltar e apertar

Roscas interrompidas são mais fáceis de soltar e apertar

Projeto de processo

- **Redução nos tempos de setup:** lotes pequenos requerem setups frequentes e estes devem ser rápidos para não serem dispendiosos. Cada trabalhador é treinado para fazer seu próprio setup e os procedimentos para tal devem ser simples e padronizados.
- **Utilização de pequenos lotes:** o tamanho ideal para o processamento é de um lote de apenas uma unidade (*one-piece-flow*). Isso reduz o nível de estoques em processo, os custos de armazenagem, inspeção e retrabalho. Os problemas tornam-se mais visíveis, a flexibilidade é aumentada, o balanceamento das operações é facilitado.

Projeto de processo

A = número de unidades do produto A
 B = número de unidades do produto B
 C = número de unidades do produto C

A abordagem JIT
 AAA BBBBBB CC AAA BBBBBB CC AAA BBBBBB CC AAA BBBBBB CC

A abordagem de grandes lotes
 AAAAAAAAAA BBBB BBBB BBBB BBBB BBBB BBBB CCCCCCCC AAAAAAAAAA

O JIT versus os grandes lotes de produção.

Projeto de processo

EFEITO DA REDUÇÃO DOS TEMPOS DE PREPARAÇÃO SOBRE O TAMANHO DE LOTE DE PRODUÇÃO

Programa Antes da Redução dos Tempos de Preparação

Programa Depois da Redução dos Tempos de Preparação

Projeto de processo

- **Utilização de células de manufatura:** cada célula contém as máquinas e as ferramentas necessárias para processar famílias de peças, ou seja, peças com características semelhantes de processamento. Com a célula os tempos de troca de ferramentas são reduzidos, o treinamento é facilitado e o grau de utilização de máquina elevado.
- **Melhoria da qualidade:** Visa a identificação e a eliminação das causas dos problemas para que não ocorram novamente. Defeitos são detectados automaticamente (autonomiação) quando ocorrem durante a produção e esta é interrompida para se corrigir as causas dos defeitos. Problemas na produção são vistos como oportunidade para a melhoria de todo o sistema.
- **Flexibilidade na produção:** a ocorrência de vários gargalos produtivos reflete inflexibilidade na manufatura. Como no JIT o nível de estoques em processo é baixo, há programas de manutenção preventiva para minimizar a incidência de quebras. Os trabalhadores são com frequência, os responsáveis pela manutenção de seu próprio equipamento.

Produção em linha funcional (de tipo)

Produção em linha orientada para o produto - mais adequada que a linha funcional para produzir em grandes lotes e não é flexível

Dois sistemas de manufatura clássicos de uso comum atualmente - o layout funcional e o layout em linha - requerem uma conversão ao nível de sistema para serem reconfigurados em células de manufatura

Projeto de processo

Exemplo de célula manual para usinagem de uma família de peças, mostrando o caminho dos trabalhadores no sentido oposto ao fluxo da peça.

Projeto de processo

- **Utilização de baixos níveis de estoques:** no JIT os estoques reduzidos gradualmente a fim de que os problemas apareçam, uma vez identificados e resolvidos, o sistema remove mais estoques e assim sucessivamente.

A redução do nível de estoque (água) permite que a gerência (navio) veja os problemas da produção (pedras) e procure reduzi-los.

Elementos Organizacionais no JIT

- **Força de trabalho vista como um ativo:** o ponto central para o funcionamento da filosofia JIT são os colaboradores, que são motivados e bem treinados. A estes é dada mais autoridade (*empowerment*) que nos sistemas tradicionais, com a expectativa de que realizem mais.
- **Treinamento multifuncional:** quando há ocorrência de gargalos no processo, os trabalhadores são capazes de ajudar uns aos outros e substituir os ausentes.
- **Melhoria contínua:** Há uma maior responsabilidade dos trabalhadores pela qualidade do que nos sistemas tradicionais. Treinamento em controle estatístico de processos, melhoria da qualidade e resolução de problemas. A resolução de problemas, direcionada aos objetivos do sistema torna-se um modo de vida, uma cultura que integra o pensamento da alta administração ao modo de pensar dos trabalhadores.

Elementos Organizacionais no JIT

- **Autonomiação**
 - também conhecido como jidoka,
 - propõe a extinção da relação biunívoca homem-máquina.
 - deixou de ser necessário um operário apenas para verificar se a máquina está trabalhando corretamente, sendo o mesmo requerido apenas no momento de abastecimento e na recolha da produção.
 - Com a automação da detecção de erros, o operário fica livre para abastecer também outras máquinas enquanto a primeira está trabalhando.

Elementos Organizacionais no JIT

- **Contabilidade de Custos:** a alocação de despesas indiretas (*overhead*) é feita através do custeio por atividade (Custeio ABC), ou seja, as despesas são alocadas por tarefa com base na participação percentual de cada atividade na tarefa considerada (ex. de atividades: *setup* de máquina, movimentação de materiais, etc.)
- **Liderança/gerência de projetos:** O JIT incentiva a comunicação bilateral e existe a expectativa de que os gerentes sejam líderes e facilitadores e não simplesmente chefes. Os gerentes de projeto têm plena autoridade sobre todas as fases de um projeto do início ao fim sem necessitar da cooperação de outros gerentes para os objetivos estabelecidos.

Elementos Organizacionais no JIT

- **Carregamento nivelado de capacidade:** ênfase em uma programação diária estável para o *mix* de produtos estabelecido com base em volume de produção horária, mantendo-se uma carga nivelada compatível com a capacidade do sistema.

Elementos Organizacionais no JIT

Carregamento nivelado de capacidade (cont.):

- O sequenciamento: é decidido com base no custo e/ou no tempo de *setup* (no ex.: C-B-A, A-B-C, etc.)
- Número de ciclos de processamento: dimensionados de acordo com as quantidades diárias de produção (no ex.: máximo divisor comum = 5 unid.)
- Número de unidades por ciclo: divide-se a quantidade diária a ser produzida pelo número de ciclos.

Modelo	Quantidade Diária	Unidades por Ciclo
A	10	10/5 = 2
B	15	15/5 = 3
C	5	5/5 = 1

Elementos Organizacionais no JIT

Sistemas de produção "puxada":

- No JIT cada estação de trabalho "puxa" o *output* da estação precedente à medida que é necessário. O controle da movimentação do trabalho compete à operação subsequente.
- A comunicação de trabalho se faz de frente para trás no sistema e cada estação comunica sua necessidade de mais trabalho à operação precedente, assegurando que a oferta se iguale à demanda. Evita-se o acúmulo de estoques excessivos entre as operações.

Elementos Organizacionais no JIT

- Produção "puxada" (JIT) e "empurrada" (MRP)



Elementos Organizacionais no JIT



Elementos Organizacionais no JIT

• Sistemas de controles visuais:

- Na produção "puxada" o fluxo de trabalho é ditado pela "demanda do passo seguinte". No JIT essa demanda é comunicada por meio de cartões (*kanban*), que agem como disparadores da produção.
- Quando um trabalhador necessita de materiais (trabalho) da estação precedente ele utiliza um cartão *kanban*. Nenhuma peça ou lote podem ser movimentados ou trabalhados sem um cartão desses.

Centro de trabalho				Centro de trabalho precedente	
Processo	Nº de item	Nº prateleira estoque	Nº de item	Nome do item	Localização no estoque
Nome do item	Quantidade	Capacidade do contêiner	Capacidade do contêiner	Nº de emissão	Tipo de contêiner
Centro de trabalho subsequente			Localização no estoque		

Cartão kanban de produção.

Centro de trabalho		Centro de trabalho precedente	
Nº de item	Nome do item	Nº de item	Nome do item
Capacidade do contêiner	Nº de emissão	Capacidade do contêiner	Nº de emissão
Centro de trabalho subsequente		Localização no estoque	

Cartão kanban de Transporte

Elementos Organizacionais no JIT

- Puxando o fluxo de materiais com *kanbans*



Elementos Organizacionais no JIT

- **Redução no número de transações:** no JIT mapeia-se o sistema com o objetivo de reduzir ao máximo o número de transações que não adicionam valor ao produto final (mapeamento do fluxo de valor):

- **Transações logísticas:** custos associados a fretes, pessoal no recebimento de estoque, entrada e processamento de dados.
- **Transações de balanceamento:** custos associados a previsões de demanda, PCP, compra, programação e processamento de pedidos.
- **Transações de qualidade:** custos associados a avaliações, prevenções, falhas internas e externas (refugo, retrabalho, devoluções, etc.).
- **Transações de mudança:** custos de mudanças de engenharia, especificações, programação, etc.

Elementos Organizacionais no JIT

- **Relacionamentos de parceria com fornecedores:** no JIT existe a expectativa de que o fornecimento seja realizado em pequenos lotes, com elevada frequência de entregas e alta qualidade nos produtos. A tarefa de assegurar a qualidade é de responsabilidade dos fornecedores (para o JIT, a tarefa de inspeção não agrega valor ao produto). O comprador negocia com poucos fornecedores qualificados (certificados) e os auxilia a alcançar os níveis de qualidade desejados pela empresas.

Técnicas JIT

1 – Práticas básicas de trabalho

- 1.1 – Disciplina
- 1.2 – Flexibilidade
- 1.3 – Igualdade
- 1.4 – Autonomia (autoridade para linha, coleta de dados, programação de materiais, resolução de problemas)
- 1.5 – Desenvolvimento de pessoal
- 1.6 – Qualidade de vida no trabalho
- 1.7 – Criatividade

Técnicas JIT

2 – Projeto para a manufatura

- Projeto determina 70% a 80% dos custos de produção;
- Redução do número de componentes
- Redução do número de submontagens
- Melhor uso de materiais
- melhor uso de métodos

Técnicas JIT

3 – Foco na operação

- simplicidade, repetição e experiência trazem competência;
- Focalizar conjunto limitado e gerenciável de produtos, tecnologias, volumes e mercados;
- Estabelecer políticas básicas de manufatura estruturadas em uma única missão de manufatura.

Técnicas JIT

4 – Máquinas simples e pequenas

- usar várias máquinas pequenas em detrimento de uma grande;
- equipamento barato e feito em casa para modificar máquinas universais;
- qualificação da engenharia;
- flexibilidade do arranjo físico;
- minimização dos riscos de investimento.

Técnicas JIT

5 – Arranjo físico e fluxo

- fluxo suave de materiais, dados e pessoas;
- posto de trabalho próximo evita estoque;
- arranjo para a visibilidade;
- linhas em forma de U para balancear a capacidade;
- arranjo físico celular.

Técnicas JIT

6 – Manutenção produtiva total (TPM)

- elimina a variabilidade em processos;
- responsabilidade de manutenção e reparos simples;
- envolvimento de todos os funcionários;
- planos de manutenção;
- manutenção entre paradas.

Técnicas JIT

7 – Redução de *set-up*

- *set-up* = tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote.
- tempo para busca de ferramentas e equipamentos;
- pré-preparação de tarefas;
- prática de rotinas de *set-up*;
- auxílios mecânicos simples.

Técnicas JIT

7 – Redução de *set-up*

- transformar *set-up* interno em externo
 - ferramentas pré-montadas;
 - montagem de ferramentas ou matrizes em um dispositivo padrão;
 - dispositivos para carga e descarga de novas ferramentas e matrizes.

Técnicas JIT**8 – Envolvimento total das pessoas**

- seleção de novos funcionários
- negociação direta com fornecedores sobre programação, qualidade e informações sobre entrega;
- auto-avaliação de desempenho;
- orçamento de melhorias;
- planejamento e a revisão do trabalho diário;
- negociação direta com o cliente sobre problemas e necessidades.

Técnicas JIT**9 – Visibilidade**

- exibição de medidas de desempenho no local de trabalho;
- luzes coloridas indicando paradas;
- exibição de gráficos de controle da qualidade;
- listas de verificação e técnicas de melhoria visíveis;
- produtos bons e ruins e produtos concorrentes;
- controle visual com kanbans;
- arranjo físico sem divisórias.

Técnicas JIT**10 – Fornecimento JIT**

- parcerias para entrega no momento necessário;
- problema de JIT forçado.